

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Кириченко Кирилл Александрович

Выпускная квалификационная работа бакалавра

Анализ структуры внешней торговли

Направление 010900

Прикладные математика, физика и процессы управления

Научный руководитель,
доктор физ.-мат. наук,
профессор
Прасолов А.В.

Санкт-Петербург

2017

Содержание

Введение.....	3
Обзор литературы	6
Методы выделения инвестиций.....	7
Выбор модели производственной функции	9
Объём необходимых инвестиций	10
Модернизация технологий	17
Рекомендации по инвестированию	21
Корреляция отраслей.....	24
Выводы.....	28
Заключение.....	29
Список литературы	29

Введение

Международная торговля является необходимым фактором для взаимодействия хозяйств различных стран, служит особым средством, которое, через посредничество мировых цен, оказывает влияние на национальное производство, устанавливая стандарты качества, показатели эффективности, конкурентные технико-экономические параметры производства, уровень издержек и т.п. Внешняя торговля стоит во главе прогресса отдельных регионов, стран и мировой экономики в целом, так как непрерывно вынуждает оптимальным образом использовать человеческие и материальные ресурсы.

В 2014 году, ввиду политических разногласий России и запада, на Россию были наложены санкции. Что повлекло за собой падение объёма внешнеторгового оборота (рис. 1). В связи с этими экономическими скачками потребовалось изменение структуры отечественной внешней торговли, в которой главным объектом внимания стали усилия правительства в вопросах импортозамещения.

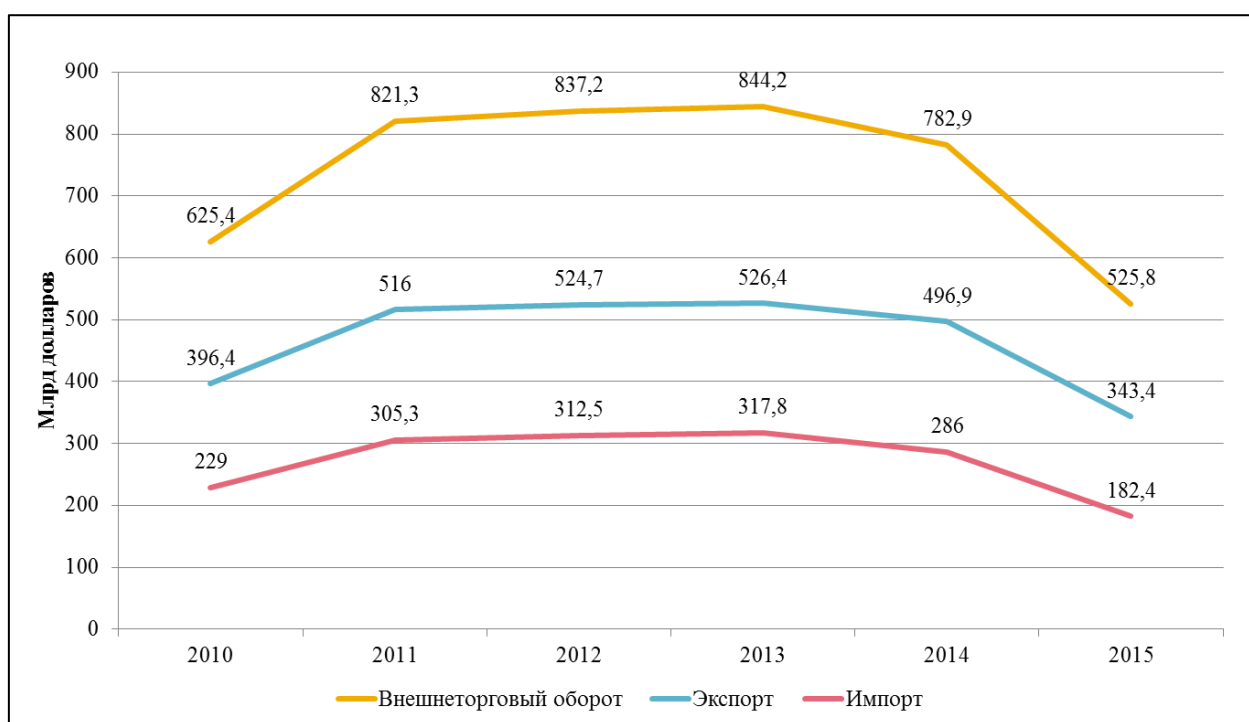


Рисунок 1. Динамика внешней торговли России в 2010 – 2015 г.

Импортозамещение заключается в компенсации российскими производителями зарубежных активно импортируемых продуктов, на которые были наложены санкции. Этот важный для экономики государства приём обусловлен тем, что стимулирует развитие отечественной промышленности, создание новых производств и товаров, а также удержание уровня инфляции, так как накопившиеся деньги у населения от дефицита импортного товара могут быть потрачены на товары, в которых нет нужды, тем самым, вызывая нефункциональный спрос.

Правительство выпустило постановления, определяющие отрасли, нуждающиеся в импортозамещении [1], и перечни инвестиционных проектов [2]. Таким образом, появляется необходимость описания перемещения инвестиционных потоков для того, чтобы решить две проблемы: замещение импортных товаров отечественными и распределение освободившегося капитала. Встаёт вопрос, как в экономике перемещать деньги из одной отрасли в другую? Если рассмотреть все отрасли, и установить из каких можно изъять деньги, а каким добавить согласно постановлению правительства, то возникает эффект изъятия, когда определенное количество человек увольняется, основные фонды сокращаются, недвижимость простаивает или сдается в аренду и т.д., и эффект перемещения, когда необходимо специалистов набрать, производственные мощности построить, технологические линии купить, заключить договора на поставку, обслуживание комплектующих и т.д. Естественно, что на всё требуется время. Таким образом, целью данной работы является построение математической динамической модели перемещения факторов производства между отраслями промышленности при импортозамещении в России.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач, а именно:

- 1) Определить методы выделения инвестиций
- 2) Поиск и оценка объёма дополнительных средств.
- 3) Определить алгоритм, позволяющий из статистических данных простейшим математическим путём прийти к оценке необходимых инвестиций.
- 4) Решение задачи импортозамещения экстенсивным путём.
- 5) Решение задачи импортозамещения интенсивным путём.
- 6) Определить наиболее взаимосвязанные отрасли.
- 7) Формулировка и определение эффективности нескольких стратегий, которые ведут к выполнению плана импортозамещения.

Как было упомянуто ранее, правительство издало постановления устанавливающие планы мероприятий по импортозамещению [1]. В следствии, определились отрасли промышленности, нуждающиеся в инвестициях и трудовых ресурсах (таблица 1).

№	Отрасль
1	Химическая промышленность
2	Гражданское авиастроение
3	Автомобильная промышленность
4	Легкая промышленность
5	Машиностроение для пищевой и перерабатывающей промышленности
6	Станкоинструментальная промышленность
7	Цветная металлургия
8	Черная металлургия
9	Энергетическое машиностроение, кабельной и электротехнической промышленности
10	Тяжелое машиностроение
11	Медицинская промышленность
12	Лесопромышленный комплекс
13	Фармацевтическая промышленность

14	Производство строительно-дорожной, коммунальной и наземной аэродромной техники
15	Сельскохозяйственное и лесное машиностроение
16	Транспортное машиностроение
17	Судостроительная отрасль
18	Нефтегазовое машиностроение
19	Радиоэлектронная промышленность

Таблица 1. Отрасли, нуждающиеся в импортозамещении.

Данные о структуре инвестиций в основной капитал по видам экономической деятельности [3], предоставлены Федеральной службой Государственной статистики. Соответствующий документ даёт информацию об объёмах инвестиций в 78 отраслях по годам.

Обзор литературы

В данной работе в основу экономико-математической модели положена так называемая производственная функция, которая связывает переменные величины затрат с величинами выпуска. Качественное введение в производственные функции предоставляет учебник А.Н. Гармаша, И.В. Орловой, В.В. Федосеева [4]. Более широкое их применение описывается в трудах А.В. Прасолова [5] и С.М. Джолдыбаевой, А.В. Лотова [6]. Также в этих трудах можно ознакомиться с моделью динамики основных фондов с учетом амортизации, иначе однопродуктовой моделью.

Метод наименьших квадратов (МНК), как один из базовых методов регрессионного анализа, в данной работе является основным инструментом для аппроксимации временных рядов. Его подробная реализация приведена С.М. Ермаковым, А.А. Жиглявским [7], К. Доугерти [8] и Т. Андерсоном [9].

В решение задачи определения наиболее взаимосвязанных отраслей была положена межотраслевая модель Леонтьева «затраты-выпуск»,

источником которой послужил труд В.В. Леонтьева [10] и Ю.П. Иванилов, С.А. Лотов [11].

В настоящее время существует большое количество источников, публикующих информацию об экономике отдельных индустрий и стран в целом. Например, «Федеральная служба государственной статистики» (Росстат) [3], статистическая служба Евросоюза (Евростат) [12], терминал Bloomberg.

Методы выделения инвестиций

Для перемещения капитала необходимо определить отрасли, из которых можно изъять деньги без ущерба хозяйству и экономике в целом, а также сумму свободных средств.

Источниками инвестиций послужат отрасли, которые не являются целевыми отраслями для вложений, и которые не испытывают упадок. В связи с этим, встречаются два случая динамики инвестирования в хозяйства.

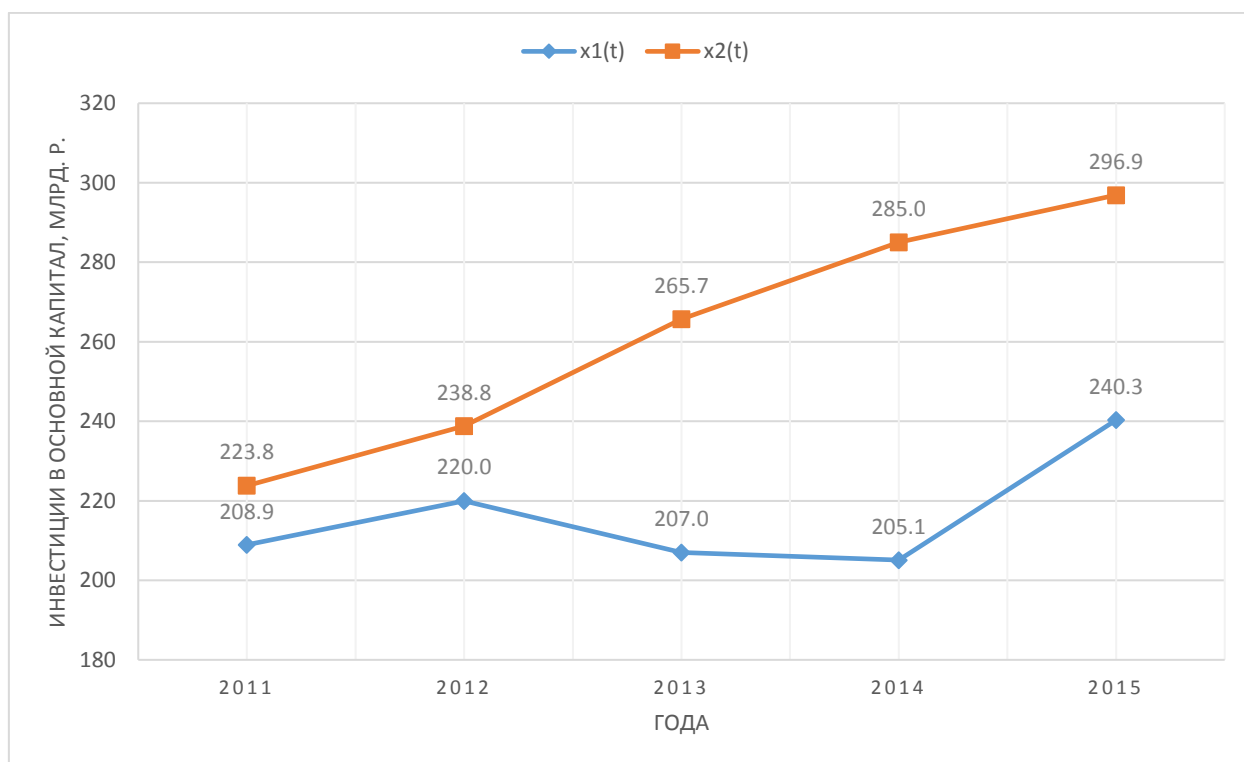


Рисунок 2. Пример динамики инвестиций в основной капитал.

Обратимся к графику $x_1(t)$ изображенном на *рисунке 2*, и сделаем следующее предположение: свободным капиталом, который можно изъять из отрасли, будем считать разницу между вложениями в последний год и год, в котором государство предприняло меры для восстановления развития отрасли, то есть разница между 2015 и 2013 годом. Стоит заметить, что берется год не с минимальной суммой инвестиций, а предыдущий год, так как государственная работа обладает инертностью, связанной с перерасчетом государственного бюджета. При такой ситуации будем считать, что доля импорта будет устанавливаться на уровне того года, в котором государство предприняло меры.

В случае, описываемом графиком $x_2(t)$ на *рисунке 2*, когда динамика инвестиций в отрасль имеет строго восходящий тренд, примем капитал возможный для изъятия, как разность последнего и предпоследнего годов, и установим долю импорта равной фактической. На примере *рисунка 2* это будет разность сумм 2015 и 2014 года.

Объём инвестиций, который можно выделить без ущерба экономике, охватывая все отрасли, составляет 990.8 млрд. рублей.

Отметим, что изымать деньги следует определёнными частями, потому что, как мы дальше увидим, у каждой отрасли есть свой временной лаг на инвестиции, который может растягиваться на 5 лет, и потому что все программы импортозамещения в среднем рассчитаны до 2020 года.

Таким образом, отрасли промышленности разделились на два множества, на те основные фонды, которые имеют возможность поделиться капиталом, и другие, которые нуждаются во вкладах.

Выбор модели производственной функции

Производственной функцией называется экономико-математическая модель, позволяющая аппроксимировать зависимость результатов производственной деятельности экономического субъекта от повлиявших на эти результаты факторов [4 – 6, 13]. Существуют различные разновидности производственных функций. Выделяют линейные ($Y = \sum_{i=1}^N a_i x_i$) и мультипликативно-степенные ($Y = \prod_{i=1}^N x_i^{\alpha_i}$), а также однофакторные ($Y = f(x)$), двухфакторные ($Y = f(x_1, x_2)$) и многофакторные производственные функции ($Y = f(x_1, \dots, x_i), i = \overline{1, n}$).

В данной работе рассматриваются макроэкономические задачи на коротких интервалах времени с использованием двух факторов производства. Наиболее подходящей и хорошо изученной производственной функцией в этом случае является двухфакторная производственная функция Кобба-Дугласа

$$Y = AK^{\alpha}L^{\beta},$$

где K – объём основных фондов, L – объём трудовых ресурсов, α, β – коэффициенты эластичности выпуска продукции по затратам капитала и труда ($0 \leq \alpha \leq 1, 0 \leq \beta \leq 1$), A – параметр преобразующий единицы измерения ($A > 0$). Исходя из условия $\alpha + \beta = 1$, функцию Кобба-Дугласа можно записать как

$$Y = AK^{\alpha}L^{1-\alpha}. \quad (1)$$

Рассмотрим более простой случай, когда труд пропорционален капиталу

$$L = \mu K,$$

где μ – коэффициент пропорциональности, тогда (1) примет следующий вид

$$Y = A\mu^{1-\alpha}K. \quad (2)$$

Обозначим $U = A\mu^{1-\alpha}$ в формуле (2), получим

$$Y = UK \quad (3)$$

эндогенную модель экономического роста, так называемую АК-модель, в которой производственная функция линейно зависит от объёма капитала [6].

Следует отметить, что в данной работе рассматривается простейшая модель, в связи с тем, что ошибки, возникающие при построении такой модели, намного меньше, чем ошибки, которые возникают из-за использования грубых моделей на других этапах исследования.

Объём необходимых инвестиций

Для решения поставленной задачи импортозамещения необходимо определить сумму средств необходимых для реализации распоряжения правительства. Требуется вычислить усредненные коэффициенты U для каждой отрасли в формуле (3), предварительно установив размеры основных фондов и оборот отраслей. Фактически, это задача анализа эффективности инвестиций: на один рубль вложений каждая отрасль отвечает по-разному.

Изменение капитала каждой отрасли описывается с помощью формулы однопродуктовой модели

$$\dot{K} = -\delta K(t) + I(t), \quad (4)$$

где \dot{K} – прирост капитала в единицу времени, δ – коэффициент амортизации, $I(t)$ – чистые инвестиции [4 – 6, 14]. Так как время дискретно и в статистических данных изменяется с шагом равным единице, то приведём

производную из формулы (4) к дискретному времени и кроме того, заметим, что инвестиции поступают с некоторым запаздыванием, тогда формулу (4) запишем в виде

$$K_t = K_{t-1} - \delta K_{t-1} + I_{t-\tau}, \quad (5)$$

где $I_{t-\tau}$ – инвестиции за определенный предшествующий год, то есть инвестиции с временным лагом τ , который необходимо установить для каждой отрасли по отдельности.

Определение временных лагов — это задача специальных исследований. На коротком временном ряде это зачастую становится сложной задачей, поэтому мы примем простую модель. Найдём максимальное значение $Y(t)$ и отступим от него в прошлое до тех пор, пока не найдём ближайшее максимальное значение $I(t)$. Максимумы $Y(t)$ и $I(t)$ не должны принадлежать одному и тому же моменту времени t , потому что утверждение государственных инвестиции всегда имеет запаздывание минимум на один год $\tau_i \neq 0$.

$$\tau_i = \arg \max_t Y_{t+\tau_i}^i - \arg \max_t I_t^i. \quad (6)$$

Экономический смысл формулы (6) заключается в том, что временной лаг τ — есть интервал времени, через который оборот отрасли $Y(t + \tau)$ «реагирует» на инвестиции $I(t)$. На *рисунке 3* изображён пример, иллюстрирующий сопоставление графиков $Y(t)$ и $I(t)$ для отрасли лёгкой промышленности.

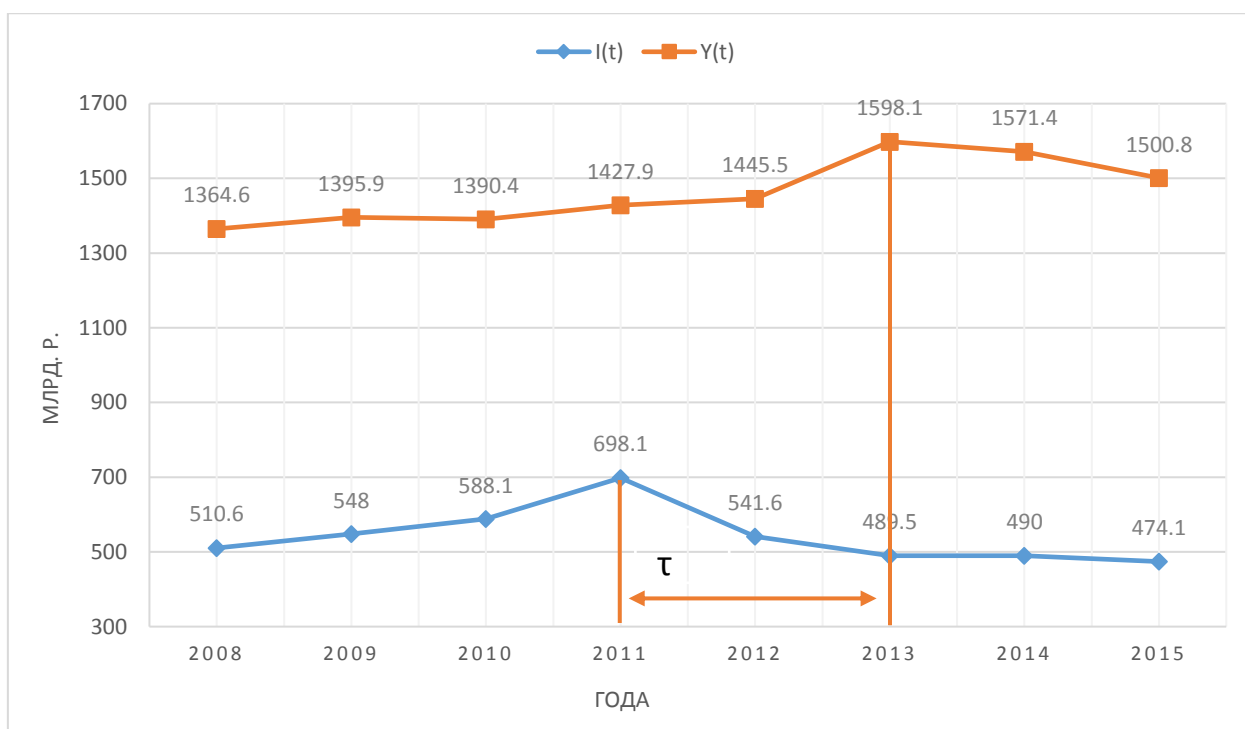


Рисунок 3. Определение временного лага.

В таблице 2 для иллюстрации приведены инвестиции трёх отраслей, нуждающихся в инвестициях и столько же со свободным капиталом [3]. Аналогично в таблице 3 приведены обороты соответствующих секторов экономики [15].

Вид деятельности	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Сельское хозяйство и лесное хозяйство	399.7	325.1	303.8	446.9	476.4	516.6	510.3	538.1
Химическое производство	135.6	105.9	112.9	162.6	212.3	238.8	261.5	362.8
Производство автомобилей, прицепов и полуприцепов	64.7	54.6	57.3	55.3	64.9	97.8	120.6	118.2
Добыча топливно-энергетических полезных ископаемых	1067.3	1023.8	1157.9	1390.5	1651	1788.4	1957.1	2463.4
Производство резиновых и	31.5	27.5	27.5	33.1	36.5	44.6	43.9	54.6

пластмассовых изделий								
Оптовая торговля, включая торговлю через агентов, кроме торговли автотранспортным и средствами и мотоциклами	134.7	120.6	143.3	149.3	158.7	174	184.9	293.8

Таблица 2. Инвестиции в основной капитал в млрд.р.

Вид деятельности	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Сельское хозяйство и лесное хозяйство	982.8	1032.5	1150.3	1332.6	1495.6	1572.6	1891.7	2345.3
Химическое производство	1178.4	1041.4	1361.2	1778.8	1890.9	2010.2	2079.3	2649.9
Производство автомобилей, прицепов и полуприцепов	859.2	622	855.6	1189.8	1419.8	1584.2	1518	1474.7
Добыча топливно-энергетических полезных ископаемых	4387.9	4217.3	5424.9	7169.8	7723.1	8036.6	8605.9	9991.3
Производство резиновых и пластмассовых изделий	424.5	355.8	494.4	647.9	704.3	684.1	685.7	800.8
Оптовая торговля, включая торговлю через агентов, кроме торговли автотранспортным и средствами и мотоциклами	24273.6	21104.4	23848.6	29099.3	33928.3	29556.7	35206.8	39264

Таблица 3. Оборот отраслей по годам в млрд.р.

Так как имеются статистические данные $Y(t)$ и $I(t)$ [3], тогда выразим из формулы (3) коэффициенты U

$$U(t) = \frac{Y(t)}{K(t)},$$

разделив оборот отрасли на капитал, найденный по формуле (5), т.е. с учётом временных лагов τ_i . Результаты приведены в таблице 4.

Вид деятельности	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Среднее
Сельское хозяйство и лесное хозяйство		2.88	4.10	4.92	3.52	3.97	4.54	3.99
Химическое производство	9.83	12.06	10.94	8.91	8.42	7.95	7.30	9.26
Производство автомобилей, прицепов и полуприцепов	11.39	14.93	21.52	21.88	16.20	12.59	12.48	15.53
Добыча топливно-энергетических полезных ископаемых	4.12	4.69	5.16	4.68	4.49	4.40	4.06	4.46
Производство резиновых и пластмассовых изделий	12.94	17.98	19.57	19.30	15.34	15.62	14.67	16.11
Оптовая торговля, включая торговлю через агентов, кроме торговли автотранспортным и средствами и мотоциклами	175.00	166.42	194.90	213.79	169.87	190.41	133.64	178.03

Таблица 4. Коэффициенты U .

Перепишем формулу (3) в виде

$$Y(t) = UK(t) + \varepsilon(t)$$

и найдём такое U^* с помощью метода наименьших квадратов, которое даёт минимум сумме квадратов отклонений [7 – 9]

$$S = \sum_{t=0}^T [Y(t) - UK(t)]^2 = D(\varepsilon)$$

$$U^* = \arg \min_U D(\varepsilon).$$

При условии первого порядка минимума

$$\frac{\partial S}{\partial U} = 0,$$

получим, что

$$U^* = \frac{\sum_{t=0}^T Y(t)K(t)}{\sum_{t=0}^T K(t)^2}$$

По теореме Гаусса-Маркова для того, чтобы модель давала оптимальную несмещённую оценку, должны выполняться четыре условия [8]:

- 1) математическое ожидание случайного члена в любом наблюдении должно быть равно нулю

$$M(\varepsilon_t) = 0;$$

- 2) дисперсия случайного члена для всех наблюдений должна быть постоянна

$$D(\varepsilon_t) = \sigma^2 = const;$$

- 3) случайные члены должны быть абсолютно независимы друг от друга

$$Cov(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-\tau}) = 0;$$

- 4) возмущения должны быть распределены по нормальному закону

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2).$$

Как видно, 2) условие теоремы не выполняется, так как временные ряды гетероскедстичны. Тем самым, приводя к неэффективной оценке. Также не выполняется условие 3), в связи со спецификой временных рядов в экономике, где все последующие события зависят от предыдущих. Тем не менее, предположим, что можем использовать метод наименьших квадратов. Для таблицы 6 посчитаем для каждой отрасли коэффициент U (см. последний столбец таблицы 6).

Из постановлений правительства [1] следует, что целью политики импортозамещения является установление значения импорта на уровне плановой доли (таблица 5). Другими словами, необходимо увеличить

присутствие товаров отечественного производства на рынке в t раз, заменив импортные.

Вид деятельности	Фактическая доля импорта, %	Плановая доля импорта, %
Сельское хозяйство и лесное хозяйство	48	14
Химическое производство	82	22
Производство автомобилей, прицепов и полуприцепов	75	25
Добыча топливно-энергетических полезных ископаемых	5	5
Производство резиновых и пластмассовых изделий	20	20
Оптовая торговля, включая торговлю через агентов, кроме торговли автотранспортным и средствами и мотоциклами	18	18

Таблица 5. Фактическая и плановая доли импорта в отраслях.

В итоге, для того, чтобы вычислить сумму средств необходимую для импортозамещения, надо найти K из выражения (3) с учётом того, что оборот должен быть увеличен в t раз (таблица 6), т.е.

$$K_i = \frac{m_i Y_i}{U_i},$$

где по отраслям меняется индекс $i = \overline{1, N}$, N – количество отраслей, входящих в программу импортозамещения.

Пример результатов вычислений приведен в таблице 6.

Вид деятельности	Увеличение оборота в <i>m</i> раз	Необходимые инвестиции, млрд. р.
Сельское хозяйство и лесное хозяйство	3.43	1428.1
Химическое производство	3.73	780.2
Производство автомобилей, прицепов и полуприцепов	3.00	189.9
	Всего:	2398.3

Таблица 6. Отрасли, нуждающиеся в импортозамещении.

Другие три отрасли, которые были взяты для примера, имеют гибкость капитала, как было описано в «Методе выделения инвестиций», величиной 625.9 млрд. р. [3], как видно, не покрывая необходимых инвестиций для импортозамещения. Аналогичная ситуация складывается со всем списком отраслей, где сумма необходимых инвестиций равна 4427.9 млрд. рублей.

Модернизация технологий

Приведённая выше модель описывает главным образом экстенсивный способ решения задачи. Когда количественно увеличивается использование фактора производства, при неизменном уровне технологий, квалификаций работников, производительности труда. Такой способ имеет существенный недостаток, который состоит в том, что происходит падение темпов экономического роста по мере исчерпания одного из факторов, использование которого возрастает. Но существует также другой путь решения задачи – интенсивный, в случае которого факторы производства качественно совершенствуются, то есть применяется более технологичное

оборудование, более экономичные предметы труда, более квалифицированная рабочая сила. При этом характерен технический прогресс, и как следствие повышение производительности труда, что влечет за собой экономический рост, темпы которого выше чем использование одного фактора производства.

Говоря о математической модели, отметим, что интенсивному пути развития производства присуще увеличение эластичности выпуска продукции по затратам капитала α ($J = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}, J > 1$), а также, при усовершенствовании технологий, задействование трудовых ресурсов требуется в меньшей степени ($G = \frac{\mu_2}{\mu_1}, G < 1$).

Найдём инвестиции необходимые для импортозамещения при модернизации технологий K_2 . В таком случае надо отыскать U_2 в выражении (3). Вспомним, что

$$U_1 = A\mu_1^{1-\alpha_1},$$

и проведём линеаризацию путём логарифмирования правой и левой части

$$\ln U_1 = \ln A + \ln \mu_1 - \alpha_1 \ln \mu_1.$$

Опираясь на представление математической модели при модернизации производства описанное выше, запишем

$$U_2 = A(G\mu_1)^{1-J\alpha_1}$$

или

$$\ln U_2 = \ln A + (1 - J\alpha_1) \ln G + \ln \mu_1 - J\alpha_1 \ln \mu_1.$$

Приведём к следующему виду, выделив U_1

$$\ln U_2 = \ln A + \ln \mu_1 - \alpha_1 \ln \mu_1 + (1 - J)\alpha_1 \ln \mu_1 + (1 - J\alpha_1) \ln G.$$

В итоге получим выражение для вычисления значения U_2

$$U_2 = U_1 \mu_1^{(1-J)\alpha_1} G^{1-J\alpha_1}. \quad (7)$$

Для того, чтобы получить значения U_2 , сперва необходимо найти коэффициенты α_1 и μ_1 . Найдём α_1 , используя регрессионный анализ уравнения (1) [7 -9]. Для простоты оценивания разделим обе стороны уравнения (1) на L (добавив случайный член ε)

$$\frac{Y}{L} = A \left(\frac{K}{L} \right)^{\alpha_1} \varepsilon.$$

Далее возьмём логарифмы от правой и левой частей и получим линеаризованный вид

$$\ln \frac{Y}{L} = \ln A + \ln \varepsilon + \alpha_1 \ln \frac{K}{L}.$$

Для примера оценивания этого уравнения воспользуемся таблицей 7 с данными по сельскому хозяйству.

Год	Y, млрд. р.	K, млрд. р.	L, тыс. чел.
2008	982.8	399.7	1595.6
2009	1032.5	325.1	1463.8
2010	1150.3	303.8	1351.9
2011	1332.6	446.9	1283.8
2012	1495.6	476.4	1184.1
2013	1572.6	516.6	1114.1
2014	1891.7	510.3	1043.5
2015	2345.3	538.1	1034.6

Таблица 7. Индексы оборота отрасли, затрат капитала и затрат труда.

Получили

$$\ln \frac{Y}{L} = -1.16 + 0.73 \ln \frac{K}{L},$$

где $\alpha_1 = 0.73$. Аналогично, получили α_1 для всех отраслей импортозамещения.

Найдём μ_1 , разделив трудовые ресурсы на капитал, для каждой отрасли нуждающейся в инвестициях

$$\mu_1 = \frac{L}{K}.$$

Для наглядности предположим, что эластичность выпуска по капиталу при модернизации значительно изменяется, например, увеличивается на 50%, то есть $\alpha_2 = 1.5\alpha_1$, а трудовые ресурсы уменьшаются на 20% $\mu_2 = 0.8\mu_1$. Тогда вычислим U_2^i по формуле (7) и K_2^i по следующей формуле

$$K_2^i = \frac{m_i Y_i}{U_2^i},$$

где $i = \overline{1, N}$, N – количество отраслей, входящих в программу импортозамещения.

Для иллюстрации приведём результаты в таблице 8 для трёх вышеупомянутых отраслей.

Вид деятельности	U_1	U_2	Необходимые инвестиции при модернизациях, млрд. р.
Сельское хозяйство и лесное хозяйство	4.0	2.4	628.1
Химическое производство	9.3	7.1	1244.6
Производство автомобилей,	15.5	7.5	394.1

прицепов и полуприцепов			
		Всего:	3745.4

Таблица 8. Инвестиции необходимые импортозамещению с модернизациями.

Из расчётов выяснилось, что на выполнение программы правительства по импортозамещению с модернизацией технологий необходимо 5889.2 млрд. рублей инвестиций, что больше на 33%, чем при экстенсивном подходе. Это объясняется тем, что на усовершенствование производства изначально уходит значительная сумма, но в дальнейшем с технологичным оборудованием отрасль должна подняться, точнее должен увеличиться показатель U .

Рекомендации по инвестированию

Как было отмечено, выделенного капитала недостаточно, чтобы выполнить программу импортозамещения. Следовательно, встаёт вопрос: как наилучшим образом распределить инвестиции между отраслями, чтобы добиться минимума доли импорта на рынке?

Для ответа на этот вопрос представим задачу в виде общей задачи линейного программирования. Тогда целевая функция, которую надо максимизировать, будет иметь вид

$$F(x) = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\Delta_i} x_i,$$

где Δ_i – сумма средств необходимых для выполнения плана импортозамещения i -й отрасли, $i = \overline{1, N}$, x_i – искомые, оптимальные суммы инвестиций. Ограничения зададим следующими выражениями

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N x_i = P \\ x_1 \leq \Delta_1 \\ x_2 \leq \Delta_2 \\ \dots \\ x_N \leq \Delta_N \\ x_i > 0, \end{cases}$$

где P – сумма средств возможных для перемещения.

Тогда для случая экстенсивного способа реализации постановления правительства по импортозамещению целевая функция примет вид

$$F(x) = \frac{1}{1428.1}x_1 + \frac{1}{780.2}x_2 + \frac{1}{189.9}x_3 + \dots + \frac{1}{171.3}x_{17} + \frac{1}{10.8}x_{18} \rightarrow \max,$$

где U_i взяты из таблицы 4.

Сумму средств возможных для перемещения P возьмём из главы «Метод выделения инвестиций», а суммы средств необходимых для выполнения плана импортозамещения отраслей Δ найдём в таблице 6. Тогда ограничения запишем следующим образом

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_{17} + x_{18} = 990.8 \\ x_1 \leq 1428.1 \\ x_2 \leq 780.2 \\ x_3 \leq 189.9 \\ \dots \\ x_{17} \leq 171.3 \\ x_{18} \leq 10.8 \\ x_i > 0. \end{cases}$$

Решая задачу симплекс-методом, найдём оптимальный план, из которого получим, что

$$\begin{aligned}
 x_1 &= 0 \\
 x_2 &= 20.7 \\
 x_3 &= 189.87 \\
 &\dots \\
 x_{17} &= 171.3 \\
 x_{18} &= 10.8.
 \end{aligned}$$

Таким образом, если следовать рекомендации, то получим выполнение плана импортозамещения на 63%.

Для случая интенсивного способа развития задача выглядит следующим образом

$$\begin{aligned}
 F(x) &= \frac{1}{2332.9}x_1 + \frac{1}{1018}x_2 + \frac{1}{394.1}x_3 + \dots + \frac{1}{98.1}x_{17} + \frac{1}{37.7}x_{18} \rightarrow \max, \\
 \left\{ \begin{aligned}
 &x_1 + x_2 + x_3 = 990.8 \\
 &x_1 \leq 2332.9 \\
 &x_2 \leq 1018 \\
 &x_3 \leq 394.1 \\
 &\dots \\
 &x_{17} \leq 98.1 \\
 &x_{18} \leq 37.9 \\
 &x_i > 0.
 \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

где U_i были взяты из таблицы 8, как U_i^2 ; аналогично Δ_i .

Решением которой являются следующие значения

$$\begin{aligned}
 x_1 &= 0 \\
 x_2 &= 0 \\
 x_3 &= 394.1 \\
 &\dots \\
 x_4 &= 98.1 \\
 x_{18} &= 37.9,
 \end{aligned}$$

при этом готовность программы импортозамещения установиться на уровне 51%.

Так как отрасли для иллюстрации выбирали произвольно, приведённые выводы не служат конечной рекомендацией. Выводы показывают, что можно дойти до конечных рекомендаций, если ставить более конкретные цели.

Корреляция отраслей

Экономика большого государства – это единый механизм, в котором отрасли, как шестерни, приходят в движение благодаря более мелким шестерёнкам – подотраслям, тех, в свою очередь, раскручивают крупные производства, мелкие заводы, частные предприниматели и так далее. В такой машине, естественно, существуют связи между элементами, агрегатами, результатом работы которых является валовый внутренний продукт. Важно установить эти связи, чтобы ясно представлять картину взаимодействия отраслей и иметь возможность оптимальным образом распределять инвестиции между ними.

Предположим следующую зависимость между отраслями

$$x_m(t) = \alpha^i x_m(t-1) + \beta^i x_i(t-1) + \varepsilon(t),$$

где $x_m(t)$ – рассматриваемый m -ый временной ряд ($t = \overline{1, 20}, m = \overline{1, 78}$), α^i – коэффициенты стоящие при значениях предшествующего года, влияющих на показатель последнего года, β^i – коэффициент стоящий при значении предыдущего года i -го временного ряда ($i \neq m, i = \overline{1, N}$) [10, 11].

Найдём такие α^i и β^i , которые дают минимум сумме квадратов отклонений [7 – 9]

$$S_i(\alpha^i, \beta^i) = \sum_{t=1}^T [x_m(t) - \alpha^i x_m(t-1) + \beta^i x_i(t-1)]^2 \rightarrow \min.$$

Воспользуемся методом наименьших квадратов. Тогда при условии первого порядка минимума

$$\frac{\partial S_i}{\partial \alpha^i} = 0, \frac{\partial S_i}{\partial \beta^i} = 0,$$

получим систему из двух уравнений с двумя неизвестными

$$\begin{aligned} \sum_{t=1}^T [x_m(t)x_m(t-1)] &= \alpha^i \sum_{t=1}^T [x_m^2(t-1)] + \beta^i \sum_{t=1}^T [x_i(t-1)x_m(t-1)] \\ \sum_{t=1}^T [x_m(t)x_i(t-1)] &= \alpha^i \sum_{t=1}^T [x_i(t-1)x_m(t-1)] + \beta^i \sum_{t=1}^T [x_i^2(t-1)]. \end{aligned}$$

Решим её следующим способом. Запишем в матричном виде

$$\begin{pmatrix} \sum_{t=1}^T [x_m^2(t-1)] & \sum_{t=1}^T [x_i(t-1)x_m(t-1)] \\ \sum_{t=1}^T [x_i(t-1)x_m(t-1)] & \sum_{t=1}^T [x_i^2(t-1)] \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha^i \\ \beta^i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{t=1}^T [x_m(t)x_m(t-1)] \\ \sum_{t=1}^T [x_m(t)x_i(t-1)] \end{pmatrix}.$$

Для упрощения работы с матрицами, обозначим суммы буквами соответственно

$$\begin{pmatrix} A & C \\ C & B \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha^i \\ \beta^i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F \\ D \end{pmatrix}.$$

Найдём обратную матрицу и выразим α_k^i и β^i

$$\begin{pmatrix} \alpha^i \\ \beta^i \end{pmatrix} = \frac{1}{AB - C^2} \begin{pmatrix} B & -C \\ -C & A \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F \\ D \end{pmatrix},$$

$$\alpha^i = \frac{BF - CD}{AB - C^2}, \beta^i = \frac{AD - CF}{AB - C^2}.$$

Запишем в полном виде

$$\alpha^i = \frac{\sum_{t=1}^T [x_i^2(t-1)] \sum_{t=1}^T [x_m(t)x_m(t-1)] - \sum_{t=1}^T [x_i(t-1)x_m(t-1)] \sum_{t=1}^T [x_m(t)x_i(t-1)]}{\sum_{t=1}^T [x_m^2(t-1)] \sum_{t=1}^T [x_i^2(t-1)] - \sum_{t=1}^T [x_i(t-1)x_m(t-1)]^2}$$

$$\beta^i = \frac{\sum_{t=1}^T [x_m^2(t-1)] \sum_{t=1}^T [x_m(t)x_i(t-1)] - \sum_{t=1}^T [x_i(t-1)x_m(t-1)] \sum_{t=1}^T [x_m(t)x_m(t-1)]}{\sum_{t=1}^T [x_m^2(t-1)] \sum_{t=1}^T [x_i^2(t-1)] - \sum_{t=1}^T [x_i(t-1)x_m(t-1)]^2}.$$

Заметим, что есть возможность усложнить метод наименьших квадратов. Во-первых, можно учитывать инвестиции всех возможных предыдущих годов рассматриваемой отрасли и отрасли связанной с ней. Во-вторых, ввести весовые коэффициенты перед квадратами в сумме, что даст ранжирование значимости данных.

Для иллюстрации приведём результаты для отрасли сельского хозяйства, на рисунке 6 изображён график $S(i)$.



Рисунок 6. График $S(i)$ для отрасли сельского хозяйства.

Отсортировав по возрастанию отклонения $S(i)$, получим, что первыми стоят отрасли, наиболее коррелирующие с сельским хозяйством, например, три первые отрасли:

- производство пищевых продуктов;
- оптовая торговля и розничная торговля, включая торговлю через агентов, кроме торговли автотранспортными средствами и мотоциклами;
- строительство.

Аналогичный анализ произведём со всеми остальными отраслями и получим для каждой отрасли искомую информацию – наиболее взаимосвязанные отрасли.

Отметим, что, вкладывая деньги в отрасли импортозамещения, инвестиции в некотором объёме распространяются на индустрии, связанные с этими отраслями. В противном случае, развитие отраслей в изоляции друг от друга не может происходить. Также, в связи с тем, что при создании новых производственных мощностей в рамках импортозамещения потребуется распределение инвестиций на связанные отрасли, следовательно, сумма необходимых средств может увеличиться. Вложение средств опосредованно в связанные хозяйства благоприятно влияет на процесс импортозамещения и на экономику в целом, так как связанные отрасли могут получать дотации от одной или нескольких индустрий импортозамещения, тем самым активно развиваясь и способствуя ускорению импортозамещения. Например, при инвестировании в отрасль сельского хозяйства будут происходить вложения в отрасль строительства, технического обслуживания и ремонта шоссейных и железных дорог. Аналогично при инвестировании в лесное хозяйство, химическую промышленность и так далее, ведь для каждого нового производства, завода нужны дороги. Таким образом, соответствующая

отрасль будет в производственном тонусе, что благоприятно повлияет на процесс импортозамещения.

Вопрос о количестве денежных средств, переходящих в связанные отрасли из тех или иных индустрий, остаётся открытым, так как это проблема отдельного большого исследования.

Выводы

В ходе работы были установлены отрасли, нуждающиеся в инвестициях и имеющие свободный капитал. Было сформулировано правило выделения денег из хозяйств неподверженных планам импортозамещения. Была рассмотрена задача импортозамещения для случая, когда труд перемещается между отраслями пропорционально капиталу и денежные средства вкладываются только для увеличения мощностей производств, то есть случай экстенсивного развития экономики. Исследование показало, что выделенные инвестиции из стабильных отраслей не восполнят капитал необходимый для импортозамещения. Также были вычислены инвестиции при импортозамещении с модернизациями технологий, которые оказались больше на 33%, чем инвестиции с простым экстенсивным развитием отраслей. В таком случае понадобилось отыскать наилучший способ распределения средств между хозяйствами. Соответствующий способ найден, он привёл к 63% импортозамещения для экстенсивного роста экономики и 51% для интенсивного. Установлены наиболее взаимосвязанные отрасли, что поможет, учитывая данную информацию, более оптимальным образом инвестировать в индустрии, в частности обращать внимание, какие отрасли

получают инвестиции опосредованно, тем самым повышая рост импортозамещения.

Заключение

В заключении, резюмируем, что цель работы достигнута, математическая модель перемещения факторов производства построена для экстенсивного и интенсивного путей развития экономики. Установлено, что инвестиций при данных вариантах действий не хватает, но составлены рекомендации каким образом поступить для достижения наивысшего уровня импортозамещения.

Список литературы

1. Приказы Министерства промышленности и торговли Российской Федерации по плану мероприятий по импортозамещению по отраслям промышленности.
<http://www.p218.ru/doc/category/19-prikazy-minpromtorg-rossii-po-planu-meropriyatij-po-importozameshcheniyu-po-otraslyam-promyshlennosti>
2. Перечень комплексных инвестиционных проектов по приоритетным направлениям гражданской промышленности.
http://minpromtorg.gov.ru/docs/#!/perechen_kompleksnyh_investicionnyh_proektov_po_prioritetnym_napravleniyam_grazhdanskoy_promyshlennosti
3. Данные о структуре инвестиций в основной капитал по видам экономической деятельности.
http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/invest/Inv-OKVED.xls

4. Гармаш А.Н., Орлова И.В., Федосеев В.В. Экономико-математические методы и прикладные методы: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры; под ред. В.В. Федосеева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 328 с.
5. Прасолов А.В. Математические методы экономической динамики: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 352 с.
6. Джолдыбаева С.М., Лотов А.В. Агрегированные производственные функции линейных моделей. М., 1989.
7. Ермаков С.М. Жиглявский А.А. Математическая теория оптимального эксперимента. М.: Наука, 1987.
8. Доугерти К. Введение в эконометрику: Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 1999.-19, 402 с.
9. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976.
10. Леонтьев В.В. Межотраслевая экономика / пер. с англ., автор предисл. и науч. ред. А.Г. Гранберг. М.: Экономика, 1997. 479 с.
11. Иванилов Ю.П., Лотов А.В. Математические модели в экономике. М.: Наука, 1979.
12. Евростат <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
13. В.Д.Кулиев, В.Л.Сендеров, Т.И.Юрченко, Б.А. Лагоша, В.В.Озик Менеджмент. Управленческие решения. Учебное пособие. – М.: 2006.
14. Яковлева А.В. Эконометрика. Конспект лекций М.: ЭКСМО, 2008. - 244 с.
15. Кротов В.Ф. и др. Основы теории оптимального управления М.: Высшая школа, 1990. - 431 с.
16. Социально-экономические показатели Российской Федерации в 1991-2015 гг.

[http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/
publications/catalog/doc_1270707126016](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1270707126016)